

# Method and device for determining the level of a filling in a container

**Publication number:** DE10007187

**Publication date:** 2001-08-23

**Inventor:** LALLA ROBERT (DE)

**Applicant:** ENDRESS HAUSER GMBH CO (DE)

**Classification:**

- **international:** G01F23/284; G01S13/10; G01S13/88; G01F23/284; G01S13/00; (IPC1-7): G01F23/284

- **european:** G01F23/284; G01S13/10D

**Application number:** DE20001007187 20000217

**Priority number(s):** DE20001007187 20000217

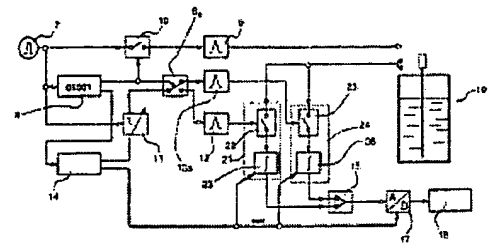
**Also published as:**

WO0161287 (A1)  
US6930632 (B2)  
US2004150553 (A1)  
EP1261847 (A0)

[Report a data error here](#)

## Abstract of DE10007187

The invention relates to a method and a device for determining the level of a filling (1) in a container (2). The aim of the invention is to provide a method and a device for measuring said level which are economical to carry out/produce and which offer an especially high degree of measuring accuracy. To this end, the inventive method provides that transmit signals are sent in the form of a first binary-weighted pulse sequence of transmit pulses with a predetermined pulse repetition duration ( $\tau_R$ ) and a predetermined pulse sequence length (L) in the direction of the surface (3) of the filling (1); and the echo signals of the transmit pulses reflected on the surface (3) of the filling (1) are sampled with a second, preferably continuous sequence of sampling pulses of the pulse repetition duration  $\tau_R$ , the second pulse sequence being delayed ( $\tau_S$ ) in relation to the first pulse sequence and the components of the sampling values that correspond to the echo signals with a propagation time of  $\tau = \tau_S$  being retained while components that correspond to echo signals with a propagation time of  $\tau = \tau_S < \tau < \tau_S + L \cdot \tau_R$  are deleted. The level of the filling (1) in the container (2) is determined using the weighted sampling values.



Data supplied from the *esp@cenet* database - Worldwide

BEST AVAILABLE COPY



Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Bestimmung des Füllstandes eines Füllguts in einem Behälter.

Zur Detektion des Füllstandes von Flüssigkeiten oder Schüttgütern in Behältern werden in zunehmendem Maße berührungslos arbeitende Meßsysteme eingesetzt. Als Meßstrahlung werden Mikrowellen, Ultraschallwellen, elektromagnetische Pulse, Lichtpulse, – oder in besonders kritischen Anwendungen – radioaktive Strahlen verwendet.

Bei einer Vielzahl von Einsatzgebieten, z. B. in der Petrochemie, Chemie und Lebensmittelindustrie, sind hochgenaue Messungen des Füllstandes von Flüssigkeiten oder Schüttgütern in Behältern (Tanks, Silos, usw.) gefordert. Deshalb kommen hier in zunehmendem Maße TDR-Sensoren zum Einsatz, bei denen kurze elektromagnetische Hochfrequenzimpulse oder kontinuierliche Mikrowellen auf eine leitfähiges, langgestrecktes Element, z. B. eine Stab- oder eine Seilsonde, eingekoppelt und mittels des leitfähigen Elements in den Behälter, in dem das Füllgut gelagert ist, hineingeführt werden. TDR ist übrigens die Abkürzung für Time Domain Reflectometry.

Physikalisch gesehen wird bei dieser Meßmethode der Effekt ausgenutzt, daß an der Grenzfläche von zwei unterschiedlichen Medien, z. B. Luft und Öl oder Luft und Wasser, infolge der sprunghaften Änderung (Diskontinuität) der Dielektrizitätszahlen beider Medien ein Teil der geführten elektromagnetischen Pulse bzw. der geführten Mikrowellen reflektiert und über das leitfähige Element zurück in eine Empfangsvorrichtung geleitet wird. Der reflektierte Anteil der elektromagnetischen Pulse bzw. der Mikrowellen ist dabei um so größer, je unterschiedlicher die Dielektrizitätszahlen der beiden Medien sind. Anhand der Laufzeit der Pulse oder Wellen läßt sich die Entfernung zur Grenzfläche bestimmen. Bei Kenntnis der Leerdistanz des Behälters kann nachfolgend der Füllstand des Füllguts in dem Behälter berechnet werden.

Sensoren mit geführten hochfrequenten Signalen (Pulse oder Wellen) zeichnen sich gegenüber Sensoren, die hochfrequente Pulse oder Wellen frei abstrahlen (Freifeld-Mikrowellen-Systeme (FMR) bzw. "echte Radar-Systeme") durch eine wesentlich geringere Dämpfung aus. Grund hierfür ist, daß der Leistungsfluß ganz gezielt entlang der Stab- oder Seilsonde bzw. des leitfähigen Elements erfolgt. Weiterhin haben die Sensoren mit geführten hochfrequenten Signalen im Nahbereich eine höhere Meßgüte als frei abstrahlende Sensoren.

Ein weiterer Vorteil von Sensoren mit geführten hochfrequenten Signalen liegt in der hohen Sicherheit und Zuverlässigkeit der entsprechenden Füllstandsmessung. Dies rührt daher, daß die Messung mit geführten Sendesignalen unabhängiger ist von den Produkteigenschaften des Füllguts, der Behälterkonstruktion (z. B. Werkstoffe, Geometrie) oder den sonstigen Betriebsbedingungen (z. B. Staub, Ansatz).

Aus der US-PS 5,233,352 ist eine Füllstandsmessvorrichtung bekannt geworden, bei der zwei Pulsgeneratoren zwei binäre Pulsfolgen erzeugen. Die zweite Pulsfolge ist gegenüber der ersten Pulsfolge zeitlich verzögert, wobei die zeitliche Verzögerung variabel ausgestaltet ist und so bemessen wird, daß die Zeitverzögerung infolge der Laufzeit der ersten Pulsfolge gleich ist der eingestellten Zeitverzögerung zwischen den beiden Pulsfolgen. Die korrekte Zeitverzögerung wird mittels Autokorrelation der beiden Pulsfolgen ermittelt.

Ein Nachteil der bekannt gewordenen Lösung ist darin zu sehen, daß zum Betreiben der bekannten Meßvorrichtung hochfrequente Pulsfolgen eingesetzt werden müssen. Nur so

läßt sich eine ausreichend hohe Meßgenauigkeit erreichen.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Füllstandsmessung vorzuschlagen, welche sich kostengünstig realisieren lassen und die sich darüber hinaus durch eine erhöhte Meßgenauigkeit auszeichnen.

Die Aufgabe wird hinsichtlich des Verfahrens durch die folgenden Verfahrensschritte gelöst: Sendesignale in Form einer ersten binär gewichteten Folge von Sendepulsen ( $\rightarrow$  erste binäre Pulsfolge) werden mit einer vorgegebenen Pulswiederholdauer  $\tau_R$  und einer vorgegebenen Sequenzlänge  $L$  in Richtung der Oberfläche des Füllguts ausgesendet; nachfolgend werden die Echosignale der an der Oberfläche des Füllguts reflektierten Sendepulse mit einer zweiten vorzugsweise kontinuierlichen Folge von Abtastpulsen der Pulswiederholdauer  $\tau_R$  abgetastet, wobei die zweite Pulsfolge gegenüber der ersten Pulsfolge eine Zeitverzögerung ( $\tau_s$ ) aufweist und wobei Komponenten der Abtastwerte, die Echosignalen mit einer Laufzeit von  $\tau = \tau_s$  entsprechen, bestehen bleiben, während Komponenten, die Echosignalen mit einer Laufzeit von  $\tau_s < \tau < \tau_s + L \cdot \tau_R$  entsprechen, ausgelöscht werden. Anhand der Abtastwerte wird der Füllstand des Füllguts in dem Behälter bestimmt.

Ein wesentlicher Vorteil des erfindungsgemäßen Verfahrens – ebenso wie der erfindungsgemäßen Vorrichtung – gegenüber den bislang bekannt gewordenen Lösungen liegt darin, daß Echosignale mit einer Laufzeit größer als der Kehrwert der Pulsfolgefrequenz ( $\rightarrow$  Pulswiederholdauer) und kleiner als die Sequenzlänge  $L$  der Sendepulsfolge nicht in das Meßergebnis und damit nicht in die Berechnung des Füllstandes eingehen. Es ist daher nicht mehr notwendig, nach dem Aussenden eines Sendepulses so lange zuzuwarten, bis das entsprechende Echosignal vollständig abgeklungen ist. Folglich kann die Pulsfolgefrequenz erhöht und damit die Meßgeschwindigkeit gesteigert werden. Oder anders ausgedrückt: Durch das Vorhandensein einer größeren Anzahl von Meßwerten innerhalb eines definierten Zeitintervalls läßt sich das Signal-Rausch-Verhältnis und damit die Güte der Füllstandsmessung verbessern. Betrachtet man die Sache von der Warte, daß die Pulsfolgefrequenz bereits ausreichend hoch ist, so profitiert man davon, daß das Meßergebnis frei ist von Eigenstörungen, die durch vagabundierende Echosignale (Überreichweiten) hervorgerufen werden.

Gemäß einer vorteilhaften Weiterbildung des erfindungsgemäßen Verfahrens werden die Abtastwerte gemittelt bzw. integriert. Ist der zuletzt ausgesendete Sendepuls gemäß der binären Pulsfolge nicht unterdrückt worden, so werden die Abtastwerte aufintegriert; ist hingegen der zuletzt ausgesendete Sendepuls gemäß der binären Sequenz unterdrückt worden, so wird der invertierte Abtastwert aufintegriert. Der Integrator liefert die Überlagerung aller Momentanwerte der Echosignale an den Stellen  $\tau = \tau_s + k \cdot \tau_R$ . Vorteilhafterweise wird die Integration über die einfache Sequenzlänge  $L$  der binären Sendepulsfolge durchgeführt.

Bevorzugt wird die binär gewichtete Sendepulsfolge mittels eines rückgekoppelten Schieberegisters gesteuert.

Bezüglich der Vorrichtung wird die Aufgabe dadurch gelöst, daß zumindest die folgenden Komponenten vorgesehen sind: eine Signalerzeugungseinheit, die eine erste binär gewichtete Folge von Sendepulsen mit einer Pulswiederholdauer  $\tau_R$  und einer Sequenzlänge  $L$  und eine zweite kontinuierliche Folge von Abtastpulsen mit einer Pulswiederholdauer  $\tau_R$  erzeugt; eine Sende-/Empfangseinheit, die die erste binäre Pulsfolge in Richtung der Oberfläche des Füllguts aussendet und die reflektierten Echosignale empfängt; eine Zeitverzögerungsschaltung, die die zweite Pulsfolge gegenüber der ersten Pulsfolge zeitlich verzögert ( $\rightarrow$  Zeitverzöge-

fung  $\tau_s$ ); eine Abtastschaltung, die an der Oberfläche reflektierte Echosignale der ersten Pulsfolge mit den Abtastpuls der zweiten kontinuierlichen Pulsfolge abtastet, wobei Komponenten der Abtastwerte, die Echosignalen mit einer Laufzeit von  $\tau = \tau_s$  entsprechen, bestehen bleiben, während Komponenten, die Echosignalen mit einer Laufzeit von  $\tau_s < \tau < \tau_s + L \cdot \tau_R$  entsprechen, ausgelöscht werden; eine Auswerteeinheit, die anhand der Abtastwerte den Füllstand des Füllguts in dem Behälter bestimmt.

Bevorzugt handelt es sich bei dem Sensor um einen Sensor, der mit elektromagnetischen Pulsen arbeitet. Selbstverständlich ist die Erfindung nicht auf elektromagnetische Pulse begrenzt, sie kann auch mit anderen Signalen (Ultraschall-, Mikrowellen- oder Licht-Pulsen) arbeiten. Im Falle der Nutzung von elektromagnetischen Pulsen handelt es sich bei der Sendeeinheit um eine Anordnung, bei der die Sendepulse längs eines leitfähigen Elements in das Medium hineingeführt werden. Diese Anordnung ist als solche aus dem Stand der Technik bestens bekannt.

Betrachtet man zuerst den Stand der Technik, so zeigt sich folgendes: Im Falle eines einzelnen Sende-/Echopulses liefert die Abtastschaltung einen Abtastwert des Echosignals nach der Zeitdauer  $\tau_s$ . Handelt es sich um eine kontinuierliche Folge von Sendepulsen, so liefert die Abtastschaltung die Überlagerung, also die Summe, aller Momentanwerte des Echosignals an den Stellen  $\tau = \tau_s + k \cdot \tau_R$ , wobei  $k \geq 0$  ist.

Wird hingegen, wie erfindungsgemäß vorgeschlagen, eine periodische binär gewichtete Pulsfolge der Sequenzlänge  $L$  verwendet, so liefert die Abtastschaltung die Überlagerung nur jener Komponenten der Echosignale, die von einem tatsächlich gesendeten und nicht von einem unterdrückten Sendepuls herrühren.

Eine vorteilhafte Weiterbildung der erfindungsgemäßen Vorrichtung sieht einen Integrator vor, der eine Mittelung bzw. eine Integration der Abtastwerte durchführt.

Darüber hinaus schlägt eine günstige Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Vorrichtung vor, daß es sich bei der ersten binär gewichteten Pulsfolge um eine Pseudo-Zufallsfolge handelt. Bevorzugt wird die erste binär gewichtete Pulsfolge mittels eines rückgekoppelten Schieberegisters erzeugt.

Als besonders günstig hat es sich herausgestellt, wenn die Signalerzeugungseinheit einen Pulsfrequenzgenerator, eine erste Ablaufsteuerung und einen Pulsformer aufweist, wobei der Pulsfrequenzgenerator eine kontinuierliche Pulsfolge mit der Pulswiederholdauer  $\tau_R$  erzeugt, wobei die erste Ablaufsteuerung aus der Pulsfolge eine periodische binär gewichtete Pulsfolge mit der Sequenzlänge  $L$  erzeugt und wobei der Pulsformer aus den Pulsen der binär gewichteten Pulsfolge steilflankige Sendepulse erzeugt.

Weiterhin wird gemäß einer vorteilhaften Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung angeregt, daß die Zeitverzögerungsschaltung mit der vom Pulsfrequenzgenerator erzeugten Pulsfolge gespeist wird und daß die Zeitverzögerungsschaltung aus der Pulsfolge eine um die Zeitverzögerung  $\tau_s$  verzögerte Pulsfolge erzeugt.

Gemäß einer vorteilhaften Weiterbildung der erfindungsgemäßen Vorrichtung ist eine zweite Ablaufsteuerung vorgesehen, die eine Folge von Abtastpuls mit der Pulswiederholdauer  $\tau_s$  erzeugt und die die Verzögerungsschaltung in äquidistanten Schritten verstellt. Bevorzugt nimmt die zweite Ablaufsteuerung die Verstellung der Zeitverzögerungsschaltung in äquidistanten Schritten der Verzögerungszeit  $\tau_s$  vor. Weiterhin ist vorgesehen, daß die zweite Ablaufsteuerung den Integrator nach Integration der reflektierten Abtastpulse zurücksetzt, wobei die Integration bevorzugt über die Sequenzlänge  $L$  oder deren Vielfache durchgeführt

wird.

Die Erfindung wird anhand der nachfolgenden Zeichnungen näher erläutert. Es zeigt:

Fig. 1: eine schematische Darstellung einer Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Vorrichtung und

Fig. 2: eine Veranschaulichung der Auf- und Ab-Integration der Abtastwerte.

Fig. 1 zeigt eine schematische Darstellung einer bevorzugten Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Vorrichtung. Ein Pulsfrequenzgenerator 7 erzeugt eine kontinuierliche Folge von Pulsen, die gemäß einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung eine fest vorgegebene Pulswiederholdauer bzw. Pulswiederholdauer  $\tau_R$  aufweisen. Möglich ist es, eine binäre Gewichtung der Pulsfolge durch ein rückgekoppeltes Schieberegister zu erzeugen. Ein derartiges Schieberegister ist beispielsweise in dem Buch 'Kryptologie' von Patrick Horster, Seiten 56–59, B. I. Verlag 1985 beschrieben. Auf die gesonderte Darstellung des Schieberegisters in Fig. 1 wurde verzichtet.

Bei den Pulsen handelt es sich im dargestellten Fall um Rechteckpulse, wobei die Erfindung keineswegs auf diese spezielle Pulsform beschränkt ist. Die Pulswiederholdauer  $\tau_R$  ist so gewählt, daß auch bei Zurücklegen der maximalen Laufstrecke sichergestellt ist, daß ein nachfolgender Sendepuls erst dann abgesendet wird, wenn der vorhergehende Sendepuls als Echosignal zurückgekommen ist. Die Frequenz der Pulse liegt je nach Anwendungsfall in der Größenordnung von einigen 100 kHz bis ca. 10 MHz.

Die erste Ablaufsteuerschaltung 8 wird mit der ersten Pulsfolge getaktet. Die Ablaufsteuerschaltung 8 erzeugt aus der kontinuierlichen Pulsfolge eine periodische binär gewichtete Pulsfolge, indem sie gewisse Pulse aus der Pulsfolge ausblendet. Die Ausblendung erfolgt bevorzugt dadurch, daß die erste Ablaufsteuerschaltung 8 den Schalter 10 entsprechend der vorgegebenen Bitfolge betätigt. Am Ausgang des Schalters 10 steht somit die gewünschte periodische binär gewichtete Pulsfolge zur Verfügung. Mit dieser binären Pulsfolge wird ein erster Pulsformer 9 gespeist. Dieser erzeugt aus den Rechteckpulsen steilflankige Sendepulse, die – im dargestellten Fall – auf den TDR-Sensor 19 gegeben werden. Ein derartiger TDR-Sensor, bestehend aus Sendeeinheit 4 und leitfähigem Element, wird beispielsweise in der bereits zitierten US-PS 5,233,352 beschrieben.

Die von dem Pulsfrequenzgenerator 7 erzeugte Pulsfolge liegt auch am Eingang der Zeitverzögerungsschaltung 11 an. Über die Zeitverzögerungsschaltung 11 wird eine zweite kontinuierliche Pulsfolge mit der Pulswiederholdauer  $\tau_R$  erzeugt, die gegenüber der ersten periodischen binären Pulsfolge zeitverzögert ist. Die Zeitverzögerung  $\tau_s$  ist einstellbar; sie wird mittels der zweiten Ablaufsteuerschaltung 14 auf den jeweils gewünschten Wert eingestellt.

Ein zweiter Pulsformer 12 wird mit der zweiten zeitverzögerten Pulsfolge gespeist und erzeugt daraus eine Folge von steilflankigen Pulsen mit der Pulswiederholdauer  $\tau_R$ . Eine Abtastschaltung 13 tastet in Zeitfenstern, die durch die Folge der Abtastpulse bestimmt sind, das vom TDR-Sensor 19 gelieferte Echosignal ab und erzeugt dadurch ein abgetastetes Laufzeitsignal. Die zweite Ablaufsteuerschaltung 14 verstellt die Zeitverzögerungsschaltung 11. Vorzugsweise erfolgt die Verstellung in äquidistanten Schritten der Zeitverzögerung  $\tau_s$ .

Der Integrator 15 integriert das abgetastete Echosignal auf, falls die erste Ablaufsteuerschaltung 8 den zugehörigen Sendepuls nicht unterdrückt hat. Für den Fall, daß der zuletzt ausgesendete Sendepuls von der ersten Ablaufsteuerschaltung 8 unterdrückt wurde, integriert der Integrator 15 das mittels des Invertierers 16 invertierte abgetastete Echosignal auf. Je nach gewünschter Kennlinie des Mess-Sy-

stems erfolgt mittels einer dem Invertierer 16 vorgeschalteten Gewichtungsvorrichtung 20 eine nichtlineare Amplitudenwichtung. Der Integrator 15 liefert an seinem Ausgang das integrierte Echosignal. Das integrierte Echosignal wird von dem A/D Wandler 17 auf Befehl der zweiten Ablaufsteuerschaltung 14 zu bestimmten Zeitpunkten in digitale Meßdaten umgewandelt. Anschließend wird der Integrator 15 von der zweiten Ablaufsteuerschaltung 14 zurückgesetzt. Eine Auswerteeinheit 18, insbesondere ein Digitalrechner, ermittelt aus den digitalen Meßdaten, die von dem A/D Wandler 17 geliefert werden, die Laufzeit der Sende-/Echopulse und daraus den jeweiligen Füllstand des Füllguts 1 in dem Behälter 2.

Fig. 2 veranschaulicht anhand einer Tabelle die Auf- und Ab-Integration der Abtastwerte. Dargestellt sind drei Perioden einer binären Sequenz, die sich durch das Bitmuster 1110010 beschreiben läßt. Die Abtastung der reflektierten Echosignale erfolgt jeweils an den Stellen  $\tau = \tau_s + k \cdot \tau_R$ , wobei  $k \geq 0$  ist. In der ersten Periode, sprich in der Anlaufphase, wird keine Integration vorgenommen. Wie bereits gesagt, liefert die Abtastschaltung 13 nur diejenigen Momentanwerte der Echosignale, die von einem tatsächlich gesendeten und nicht von einem in der Vergangenheit unterdrückten Sendepuls herrühren. Ist der zuletzt ausgesendete Sendepuls gemäß der binären Pulsfolge nicht unterdrückt worden, so integriert der Integrator die Abtastwerte auf. Ist der letzte Sendepuls der binären Pulsfolge unterdrückt worden, so wird der invertierte Abtastwert aufintegriert. Folglich liefert der Integrator nur die Überlagerung aller Komponenten der Echosignale an den Stellen  $\tau = \tau_s + k \cdot \tau_R$ . Alle Laufzeitsignale, die eine Laufzeit aufweisen, die größer ist als der Kehrwert der Pulsfolgefrequenz der ersten binären Pulsfolge und kleiner ist als die Sequenzlänge L der ersten Pulsfolge, gehen nicht in das Meßergebnis ein.

Zweckmäßigerweise führt man die Integration über die einfache Sequenzlänge L der binären Sendefolge aus, übernimmt anschließend den jeweils erreichten Stand des Integrators 15 zur Auswertung (in Fig. 2 ist dies angedeutet durch die Pfeile) und setzt sodann den Integrator 15 zurück. Die zeitliche Position eines Integrationsintervalls in Bezug zur binären Pulsfolge ist übrigens ohne Belang für diese spezielle Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Vorrichtung.

Die Erfindung ermöglicht es, daß nach dem Senden eines Sendepulses auf den TDR-Sensor 19 (oder die Antenne) nicht mehr zugewartet werden muß, bis das resultierende Echosignal vollständig abgeklungen ist. Hieraus folgt, daß die Pulsfolgefrequenz und somit die Meßgeschwindigkeit erhöht werden können. Oder anders ausgedrückt: Da es gelingt, die innerhalb eines gewissen Zeitintervalls zur Verfügung stehende Anzahl der Meßwerte zu steigern, läßt sich das Signal-Rausch-Verhältnis und damit die Güte der Füllstandsmessung erheblich verbessern.

Ist hingegen die Pulsfolgefrequenz bereits hinreichend hoch, so profitiert man erfindungsgemäß davon, daß nur noch eine relativ geringe Eigenstörung der Messungen durch vagabundierende Echos auftritt. Die vagabundierenden Echosignale haben übrigens ihre Ursache in Überreichweiten.

#### Bezugszeichenliste

- 1 Füllgut
- 2 Behälter
- 3 Oberfläche des Füllguts
- 4 Sendeeinheit
- 5 leitfähiges Element
- 6 Signalerzeugungseinheit
- 7 Pulsfrequenzgenerator

- 8 erste Ablaufsteuerschaltung
- 9 erster Pulsformer
- 10 Schalter
- 11 Zeitverzögerungsschaltung
- 12 zweiter Pulsformer
- 13 Abtastschaltung
- 14 zweite Ablaufsteuerschaltung
- 15 Integrator
- 16 Invertierer
- 17 A/D Wandler
- 18 Auswerteeinheit
- 19 TDR Sensor
- 20 Gewichtungsvorrichtung

#### Patentansprüche

1. Verfahren zur Bestimmung des Füllstandes eines Füllguts (1) in einem Behälter (2), wobei Sendesignale in Form einer ersten binär gewichteten Folge von Sendepulsen mit einer vorgegebenen Pulswiederholdauer ( $\tau_R$ ) und vorgegebener Sequenzlänge (L) in Richtung der Oberfläche (3) des Füllguts (1) ausgesendet werden, wobei Echosignale der an der Oberfläche (3) des Füllguts (1) reflektierten Sendepulse mit einer zweiten vorzugsweise kontinuierlichen Folge von Abtastpulsen der Pulswiederholdauer  $\tau_R$  abgetastet werden, wobei die zweite Pulsfolge gegenüber den Sendepulsen eine Zeitverzögerung ( $\tau_s$ ) aufweist, wobei Komponenten der Abtastwerte, die Echosignalen mit einer Laufzeit von  $\tau = \tau_s$  entsprechen, bestehen bleiben, während Komponenten, die Echosignalen mit einer Laufzeit von  $\tau_s < \tau < \tau_s + L \cdot \tau_R$  entsprechen, ausgelöscht werden und wobei anhand der Abtastwerte der Füllstand des Füllguts (1) in dem Behälter (2) bestimmt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei eine Teilmenge der Abtastwerte in Funktion der binären Gewichtung der Sendepulsfolge invertiert wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, wobei Abtastwerte mit einer nichtlinearen Amplitudenfunktion gewichtet werden.
4. Verfahren nach Anspruch 1, 2 oder 3, wobei Abtastwerte gemittelt bzw. integriert werden und wobei die Mittelung bzw. die Integration der Abtastwerte über die einfache oder mehrfache Pulssequenzlänge (L) der binären Gewichtung der Sendepulsfolge durchgeführt wird.
5. Verfahren nach Anspruch 1, wobei die binäre Gewichtung der Sendepulsfolge mittels eines rückgekoppelten Schieberegister erzeugt wird.
6. Vorrichtung zur Bestimmung des Füllstandes eines Füllguts in einem Behälter, mit zumindest einer Signalerzeugungseinheit (6), die eine erste binär gewichtete Folge von Sendepulsen mit einer Pulswiederholdauer ( $\tau_R$ ) und einer Sequenzlänge (L) und eine zweite kontinuierliche Pulsfolge von Abtastpulsen mit einer Pulswiederholdauer ( $\tau_R$ ) erzeugt, mit einer Sendeeinheit (4), die die erste binär gewichtete Pulsfolge in Richtung der Oberfläche (3) des Füllguts (1) aussendet, mit einer Zeitverzögerungsschaltung (11), die die zweite kontinuierliche Abtastpulsfolge gegenüber der ersten binär gewichteten Sendepulsfolge zeitlich um  $\tau_s$  verzögert, mit einer Abtastschaltung (13), die an der Oberfläche (3) reflektierte Echosignale der ersten Pulsfolge mit den Abtastpulsen der zweiten kontinuierlichen Puls-

stems erfolgt mittels einer dem Invertierer 16 vorgeschalteten Gewichtungsvorrichtung 20 eine nichtlineare Amplitudenwichtung. Der Integrator 15 liefert an seinem Ausgang das integrierte Echosignal. Das integrierte Echosignal wird von dem A/D Wandler 17 auf Befehl der zweiten Ablaufsteuerschaltung 14 zu bestimmten Zeitpunkten in digitale Meßdaten umgewandelt. Anschließend wird der Integrator 15 von der zweiten Ablaufsteuerschaltung 14 zurückgesetzt. Eine Auswerteeinheit 18, insbesondere ein Digitalrechner, ermittelt aus den digitalen Meßdaten, die von dem A/D Wandler 17 geliefert werden, die Laufzeit der Sende-/Echopulse und daraus den jeweiligen Füllstand des Füllguts 1 in dem Behälter 2.

Fig. 2 veranschaulicht anhand einer Tabelle die Auf- und Ab-Integration der Abtastwerte. Dargestellt sind drei Perioden einer binären Sequenz, die sich durch das Bitmuster 1110010 beschreiben läßt. Die Abtastung der reflektierten Echosignale erfolgt jeweils an den Stellen  $\tau = \tau_s + k \cdot \tau_R$ , wobei  $k \geq 0$  ist. In der ersten Periode, sprich in der Anlaufphase, wird keine Integration vorgenommen. Wie bereits gesagt, liefert die Abtastschaltung 13 nur diejenigen Momentanwerte der Echosignale, die von einem tatsächlich gesendeten und nicht von einem in der Vergangenheit unterdrückten Sendepuls herrühren. Ist der zuletzt ausgesendete Sendepuls gemäß der binären Pulsfolge nicht unterdrückt worden, so integriert der Integrator die Abtastwerte auf. Ist der letzte Sendepuls der binären Pulsfolge unterdrückt worden, so wird der invertierte Abtastwert aufintegriert. Folglich liefert der Integrator nur die Überlagerung aller Komponenten der Echosignale an den Stellen  $\tau = \tau_s + k \cdot \tau_R$ . Alle Laufzeitsignale, die eine Laufzeit aufweisen, die größer ist als der Kehrwert der Pulsfolgefrequenz der ersten binären Pulsfolge und kleiner ist als die Sequenzlänge L der ersten Pulsfolge, gehen nicht in das Meßergebnis ein.

Zweckmäßigerweise führt man die Integration über die einfache Sequenzlänge L der binären Sendefolge aus, übernimmt anschließend den jeweils erreichten Stand des Integrators 15 zur Auswertung (in Fig. 2 ist dies angedeutet durch die Pfeile) und setzt sodann den Integrator 15 zurück. Die zeitliche Position eines Integrationsintervalls in Bezug zur binären Pulsfolge ist übrigens ohne Belang für diese spezielle Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Vorrichtung.

Die Erfindung ermöglicht es, daß nach dem Senden eines Sendepulses auf den TDR-Sensor 19 (oder die Antenne) nicht mehr zugewartet werden muß, bis das resultierende Echosignal vollständig abgeklungen ist. Hieraus folgt, daß die Pulsfolgefrequenz und somit die Meßgeschwindigkeit erhöht werden können. Oder anders ausgedrückt: Da es gelingt, die innerhalb eines gewissen Zeitintervalls zur Verfügung stehende Anzahl der Meßwerte zu steigern, läßt sich das Signal-Rausch-Verhältnis und damit die Güte der Füllstandsmessung erheblich verbessern.

Ist hingegen die Pulsfolgefrequenz bereits hinreichend hoch, so profitiert man erfindungsgemäß davon, daß nur noch eine relativ geringe Eigenstörung der Messungen durch vagabundierende Echos auftritt. Die vagabundierenden Echosignale haben übrigens ihre Ursache in Überreichweiten.

#### Bezugszeichenliste

- 1 Füllgut
- 2 Behälter
- 3 Oberfläche des Füllguts
- 4 Sendeeinheit
- 5 leitfähiges Element
- 6 Signalerzeugungseinheit
- 7 Pulsfrequenzgenerator

- 8 erste Ablaufsteuerschaltung
- 9 erster Pulsformer
- 10 Schalter
- 11 Zeitverzögerungsschaltung
- 12 zweiter Pulsformer
- 13 Abtastschaltung
- 14 zweite Ablaufsteuerschaltung
- 15 Integrator
- 16 Invertierer
- 17 A/D Wandler
- 18 Auswerteeinheit
- 19 TDR Sensor
- 20 Gewichtungsvorrichtung

#### Patentansprüche

1. Verfahren zur Bestimmung des Füllstandes eines Füllguts (1) in einem Behälter (2), wobei Sendesignale in Form einer ersten binär gewichteten Folge von Sendepulsen mit einer vorgegebenen Pulswiederholdauer ( $\tau_R$ ) und vorgegebener Sequenzlänge (L) in Richtung der Oberfläche (3) des Füllguts (1) ausgesendet werden, wobei Echosignale der an der Oberfläche (3) des Füllguts (1) reflektierten Sendepulse mit einer zweiten vorzugsweise kontinuierlichen Folge von Abtastpulsen der Pulswiederholdauer  $\tau_R$  abgetastet werden, wobei die zweite Pulsfolge gegenüber den Sendepulsen eine Zeitverzögerung ( $\tau_s$ ) aufweist, wobei Komponenten der Abtastwerte, die Echosignalen mit einer Laufzeit von  $\tau = \tau_s$  entsprechen, bestehen bleiben, während Komponenten, die Echosignalen mit einer Laufzeit von  $\tau_s < \tau < \tau_s + L \cdot \tau_R$  entsprechen, ausgelöscht werden und wobei anhand der Abtastwerte der Füllstand des Füllguts (1) in dem Behälter (2) bestimmt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei eine Teilmenge der Abtastwerte in Funktion der binären Gewichtung der Sendepulsfolge invertiert wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, wobei Abtastwerte mit einer nichtlinearen Amplitudenfunktion gewichtet werden.
4. Verfahren nach Anspruch 1, 2 oder 3, wobei Abtastwerte gemittelt bzw. integriert werden und wobei die Mittelung bzw. die Integration der Abtastwerte über die einfache oder mehrfache Pulssequenzlänge (L) der binären Gewichtung der Sendepulsfolge durchgeführt wird.
5. Verfahren nach Anspruch 1, wobei die binäre Gewichtung der Sendepulsfolge mittels eines rückgekoppelten Schieberegister erzeugt wird.
6. Vorrichtung zur Bestimmung des Füllstandes eines Füllguts in einem Behälter, mit zumindest einer Signalerzeugungseinheit (6), die eine erste binär gewichtete Folge von Sendepulsen mit einer Pulswiederholdauer ( $\tau_R$ ) und einer Sequenzlänge (L) und eine zweite kontinuierliche Pulsfolge von Abtastpulsen mit einer Pulswiederholdauer ( $\tau_R$ ) erzeugt, mit einer Sendeeinheit (4), die die erste binär gewichtete Pulsfolge in Richtung der Oberfläche (3) des Füllguts (1) aussendet, mit einer Zeitverzögerungsschaltung (11), die die zweite kontinuierliche Abtastpulsfolge gegenüber der ersten binär gewichteten Sendepulsfolge zeitlich um  $\tau_s$  verzögert, mit einer Abtastschaltung (13), die an der Oberfläche (3) reflektierte Echosignale der ersten Pulsfolge mit den Abtastpulsen der zweiten kontinuierlichen Puls-

folge abtastet, wobei Komponenten der Abtastwerte, die Echosignalen mit einer Laufzeit von  $\tau = \tau_s$  entsprechen, bestehen bleiben, während die Komponenten, die Echosignalen mit einer Laufzeit von  $\tau_s < \tau < \tau_s + L \cdot \tau_R$  entsprechen, ausgelöscht werden, und mit einer Auswerteeinheit (18), die anhand der Abtastwerte den Füllstand des Füllguts (1) in dem Behälter (2) bestimmt.

7. Vorrichtung nach Anspruch 6, wobei die Signalerzeugungseinheit (6) einen Pulsfrequenzgenerator (1), eine erste Ablaufsteuerung (8) und einen ersten Pulsformer (9) aufweist, wobei der Pulsfrequenzgenerator (1) eine Pulsfolge mit der Pulswiederholdauer ( $\tau_R$ ) erzeugt, wobei die erste Ablaufsteuerung (8) aus der Pulsfolge eine binär gewichtete Pulsfolge mit der Pulssequenzlänge (L) erzeugt und

wobei der Pulsformer (9) aus den Pulsen der binär gewichteten Pulsfolge steilflankige Sendepulse erzeugt.

8. Vorrichtung nach Anspruch 7, wobei es sich bei der binären Gewichtung der Pulsfolge durch Ablaufsteuerung (8) um eine Pseudo-Zufallsfolge handelt.

9. Vorrichtung nach Anspruch 8, wobei in der Ablaufsteuerung (8) ein rückgekoppeltes Schieberegister vorgesehen ist, das eine Pseudo-Zufallsfolge zur Gewichtung der ersten Pulsfolge erzeugt.

10. Vorrichtung nach Anspruch 6, wobei die Zeitverzögerungsschaltung (11) mit der Pulsfolge des Pulsfrequenzgenerators (1) gespeist wird und aus der Pulsfolge eine um die Zeitverzögerung  $\tau_s$  verzögerte Pulsfolge erzeugt.

11. Vorrichtung nach Anspruch 10, wobei eine zweite Ablaufsteuerschaltung (14) vorgesehen ist, die die Zeitverzögerungsschaltung (11) in vorgegebenen Schritten verstellt.

12. Vorrichtung nach Anspruch 11, wobei die zweite Ablaufsteuerung (14) die Verstellung der Zeitverzögerungsschaltung (11) in äquidistanten Schritten der Verzögerungszeit ( $\tau_s$ ) vornimmt.

13. Vorrichtung nach Anspruch 6 oder 10, wobei aus der um  $\tau_s$  verzögerten Impulsfolge durch einen zweiten Pulsformer (12) steilflankige Abtastpulse erzeugt werden, mit deren Hilfe der Abtaster (13) Echosignale abtastet.

14. Vorrichtung nach Anspruch 13, wobei Abtastpulse durch eine Gewichtungsvorrichtung (20) nichtlinear in der Amplitude gewichtet werden.

15. Vorrichtung nach Anspruch 13 oder 14, wobei abgestastete Echosignale gesteuert von der Ablaufsteuerung (8) in einem Invertierer (16) in der Polarität umgedreht werden.

16. Vorrichtung nach Anspruch 6, wobei ein Integrator (15) vorgesehen ist, der Abtastwerte integriert bzw. mittelt.

17. Vorrichtung nach Anspruch 16, wobei die zweite Ablaufsteuerung (14) den Integrator (15) nach Integration der Abtastpulse über die Sequenzlänge L oder Vielfache davon zurücksetzt.

---

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

---

- Leerseite -

**BEST AVAILABLE COPY**